



Visualisasi 3d Untuk Meningkatkan Performan Operasi Industri Pertambangan

Irwan Munandar

Balai Pendidikan dan Pelatihan

Tambang Bawah Tanah

I. Pendahuluan

Pengembangan sistem visualisasi di industri pertambangan sudah semakin maju, berbagai metode dan alat banyak digunakan dalam implementasinya, hal tersebut sangat bermanfaat sekali bagi kemajuan industri pertambangan. Selama tiga dekade terakhir, operasi penambangan telah mengalami transformasi besar-besaran salah satunya yaitu penggunaan teknologi baru yang memungkinkan untuk merevolusi cara penambangan dilakukan ke dalam teknologi otomatisasi yaitu dengan menggunakan sistem visualisasi[1]. Permodelan visualisasi tiga dimensi (3D) memainkan peran penting dalam geologi pertambangan. Model *digital underground body* merupakan salah satu bagian penelitian dalam ilmu geo-informasi, sangat penting untuk secara ilmiah mengungkapkan karakteristik geometris kondisi pertambangan baik daerah operasi, pergerakan permukaan, dan sebagainya[3].

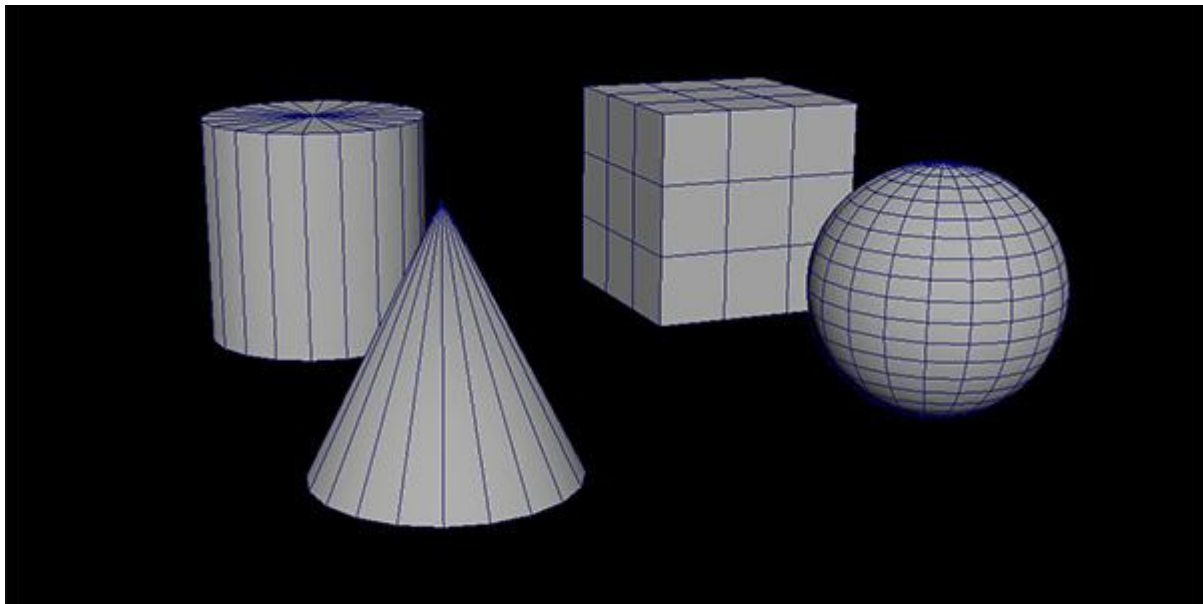
Dalam ilmu komputer permodelan 3D (permodelan tiga dimensi) adalah proses pengembangan representasi matematis dari setiap permukaan objek dalam tiga dimensi melalui perangkat lunak khusus, model dapat dibuat secara manual atau otomatis, proses permodelan manual menggunakan data geometris untuk grafis komputer dengan menggunakan perangkat lunak permodelan 3D[5]. Definisi yang lainnya yaitu 3D modeling merupakan sebuah proses untuk menciptakan objek 3D yang ingin dituangkan dalam bentuk visual nyata, Dalam 3D modeling komponen penyusun objek dikelompokkan dalam 5 level, Komponen penyusun ini disebut sub-objek, Berikut adalah kelima sub-objek dalam 3D modeling adalah[7] :

1. Vertex, adalah komponen dasar pembentuk objek, berupa titik sudut dalam ruang 3D. Sebuah vertex adalah sebuah titik koordinat dari sebuah polygon. Dalam memodifikasi sebuah objek dapat juga dilakukan dengan cara memodifikasi posisi vertex.
2. Edge, adalah garis yang menghubungkan vertex yang satu dengan yang lain. Rangkaian garis-garis penghubung edge ini membentuk sebuah polygon tertutup.

Sama seperti vertex, dapat juga dilakukan dengan memodifikasi garis edge guna membentuk objek.

3. Face, adalah elemen-elemen yang lebih kecil berbentuk bidang segitiga. Gabungan face face inilah yang membentuk sebuah polygon. Sebuah face sendiri terdiri dari vertex dan edge.
4. Polygon, adalah bidang persegi banyak pada permukaan objek yang dibatasi oleh beberapa edge. Polygon sendiri adalah element tertinggi dari sebuah objek mesh. Polygon merupakan sub-objek yang dibentuk dari rangkaian vertex, edge, dan face. Sebuah polygon dapat berbentuk segitiga, segiempat, segilima, dan seterusnya.
5. Element, adalah kelompok polygon yang saling terhubung.

contoh gambar permodelan 3D bisa dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 contoh Gambar hasil proses 3D modeling. (www.autodex.com)

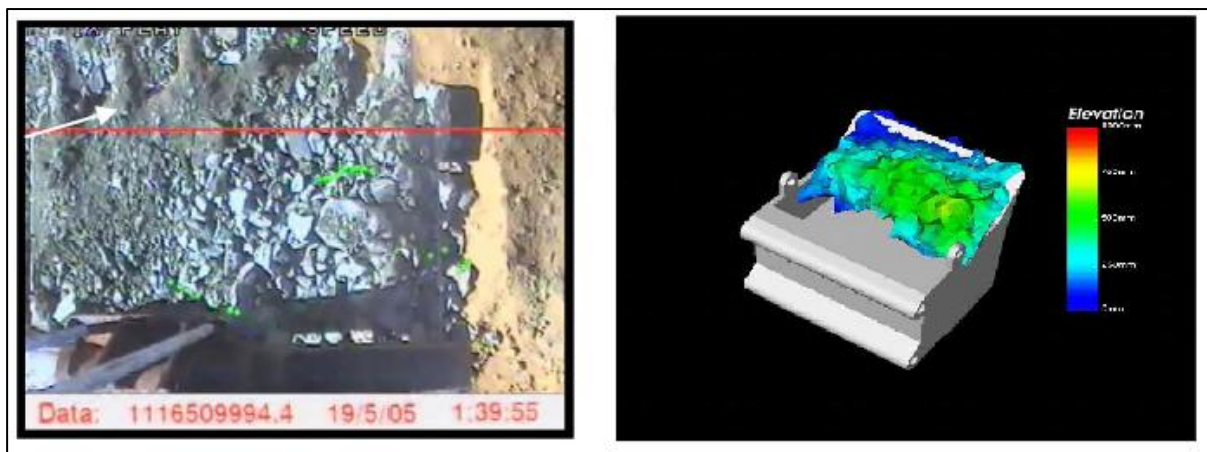
Dalam beberapa tahun terakhir dengan pesatnya area tambang batubara masalah geologi menjadi luarbiasa dari hari ke hari, permodelan 3D tidak hanya bicara secara tepat menggambarkan informasi spasial 3D di bawah tanah, namun juga memberikan latar belakang keputusan untuk analisis sumber daya, perencanaan teknik, pencegahan dan mitigasi bencana[4]. Dalam teori dan kondisi teknologi yang ada dan bertujuan karakteristik lingkungan geologi tambang Saat ini, hasil penyelidikan lingkungan geologi tambang sering diungkapkan oleh Peta 2D, namun teknologi 3D-Visualisasi akan membuat hasil ini lebih dirasakan secara langsung melalui indera[6]. Tujuan dari penelitian artikel ini adalah untuk sejauh mana teknologi 3D visualisasi di implementasikan pada industri pertambangan, dan di

harapkan ada pengetahuan/knowledge yang di dapat untuk mengembangkan teknologi ilmu komputer dengan dunia pertambangan khususnya di tambang bawah tanah (underground mining).

II. Studi Literatur

Penulis melakukan pencarian literatur dari berbagai sumber , hasil yang didapat berupa makalah sejumlah 11 (sebelas) paper. Penyaringan dilakukan dengan cara optional waktu antara tahun 2006 sam dengan 2016, maka penelitian-penelitian yang terkait dengan 3D di industri pertambangan yaitu :

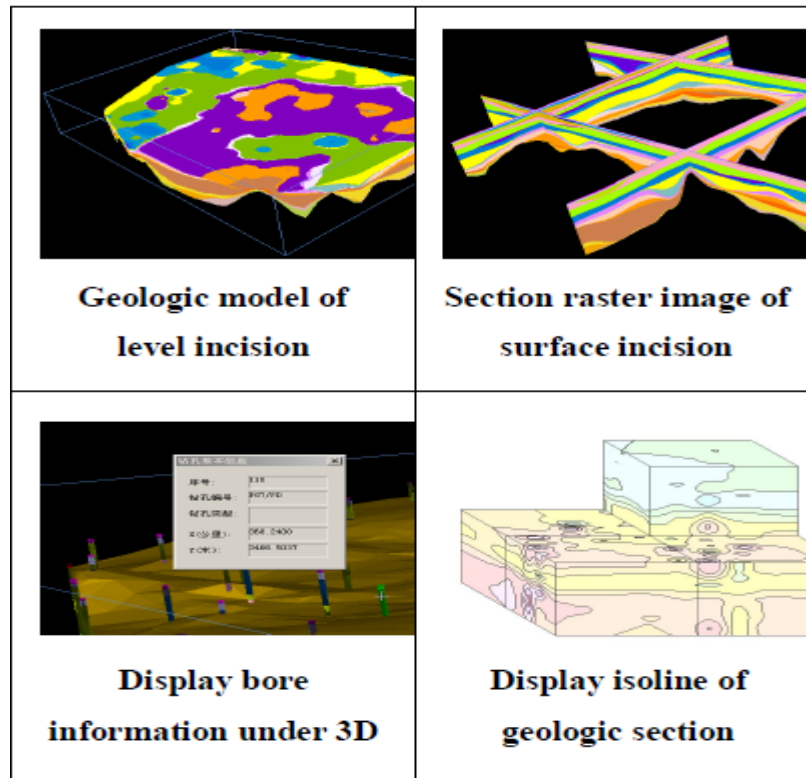
1. G. Brooker, E. Widzyk-Capehart, S. Scheduling, R. Hennessy and C. Lobsey[1] tahun 2006, tujuan penelitiannya yaitu melakukan pengembangan sistem visualisasi profile jarak dan 3D ditambang bawah tanah serta permukaannya untuk aplikasi pertambangan. Metode / teknik yang digunakan adalah dengan menggunakan *Millimetre Wave Radar*. Hasil yang di dapat pada penelitian ini adalah sistem telah terbukti handal dan mampu memetakan kondisi pertambangan yang akurat. Kemampuan pemrosesan data yang cepat menjadikannya alat ideal secara real-time. resolusi yang baik dapat dikonfigurasi dan cocok untuk berbagai aplikasi pertambangan dari pencitraan tambang bawah tanah hingga pemetaan lingkungan di operasi permukaan. Salah satu hasil dari penelitian ini bisa dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 *Radar bucket imaging: (a) video recording; (b) material fill superimposed on bucket image*

2. Q. Chen, C. M. Zhang, Y. F. Zhang and W. Q. Song[2] tahun 2008, peneliti bertujuan untuk mengenalkan proses permodelan 3D geologi bawah tanah dalam *seismic active fault*. Metode/teknik pada penelitian ini menggunakan dynamic time warping (DTW) dan Series Data Mining, hasil yang didapat pada penelitian ini adalah aplikasi yang

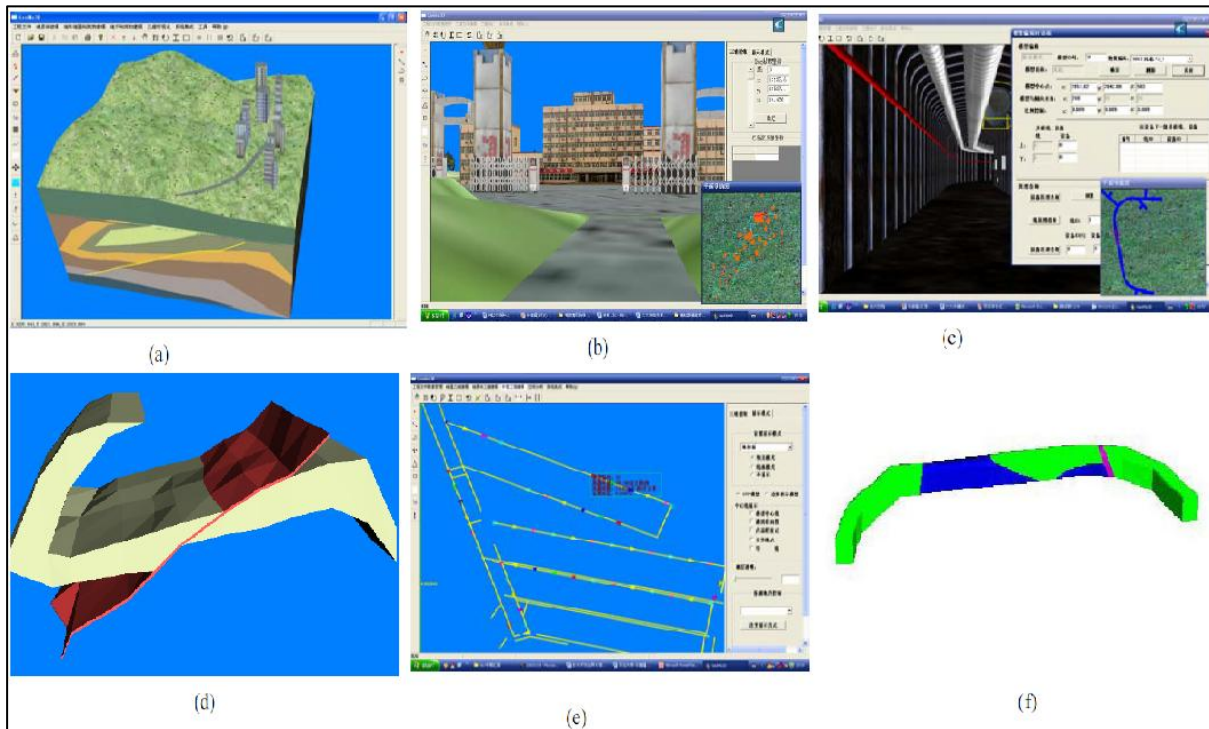
berbeda menunjukkan bahwa DTW sangat cocok dengan *time series* dan pencarian *sub-pattern*, proses ini dapat digunakan baik dalam permodelan geologi. Visualisasi 3D dari data volume menggunakan paket grafis OpenGL yang dikembangkan, yang bisa menyelesaikan semua fungsi tampilan 3D, seperti gradien, atomisasi, saturasi, drop shadow dan sebagainya. Salah satu hasil bisa dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 3D visualization of seismic active fault

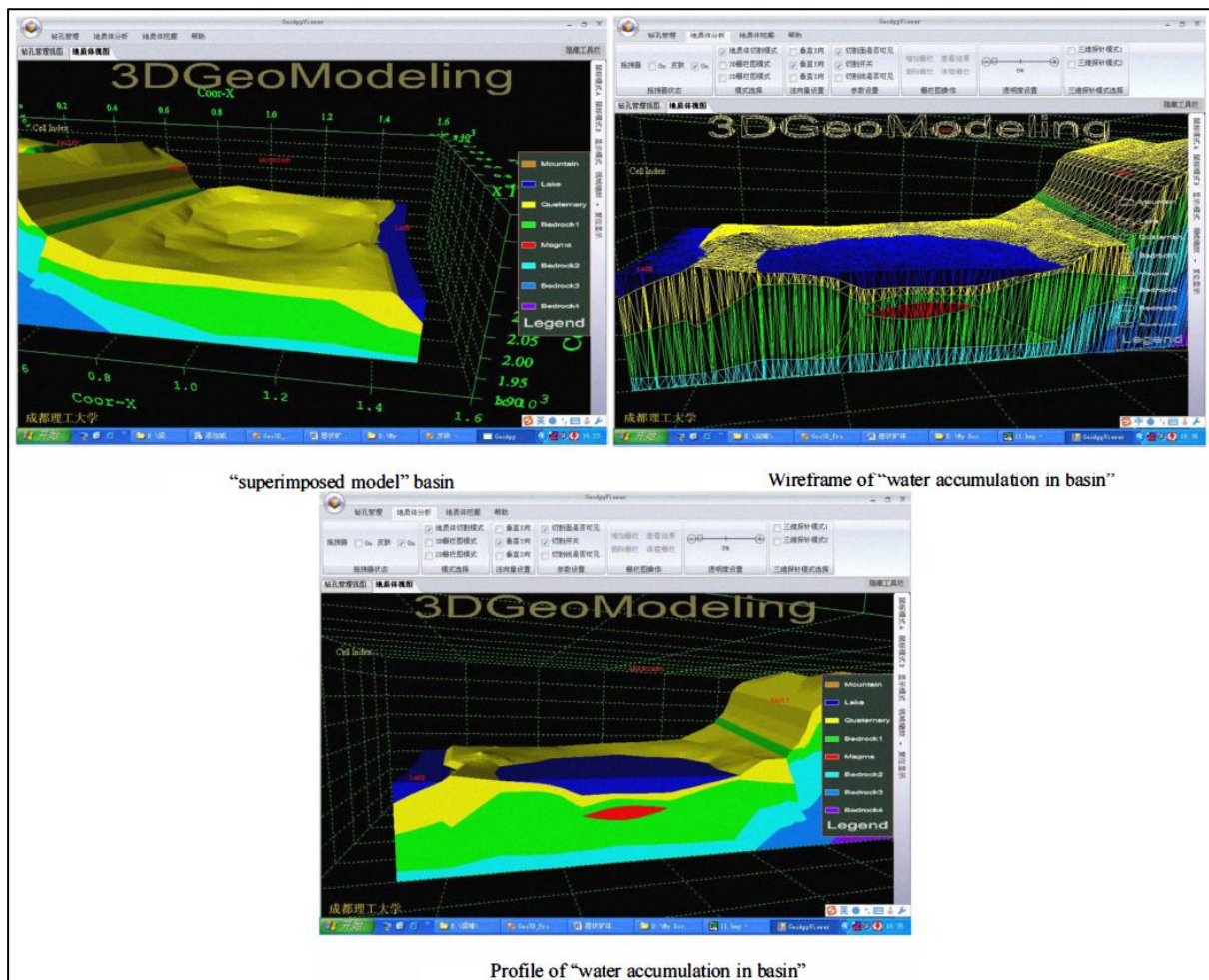
3. X. Yong-hua, F. Yuan-min, Y. Xiang-ying, C. Jie and Z. Xiao-qing[3] tahun 2009,. Penelitiannya bertujuan untuk Analisis kesalahan dan kalibrasi pemindai laser 3D dalam survei di *stopes*, metode/teknik atau pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode perolehan data *cavity* berdasarkan teknologi pemindaian laser 3D. Hasil yang di dapat dalam penelitian membuktikan bahwa teknologi pemindaian laser 3D yang diusulkan untuk melakukan survei yang aman digunakan terhadap *stopes* dan void di bawah tanah. Namun, jika kualitas data yang tinggi dibutuhkan kalibrasi. Nilai yang dikoreksi terkait dengan dip, rotasi dan azimuth pemindai harus disertakan dalam proses pengolahan data sistem pemindaian laser 3D.
4. R. x. Zhang, P. t. Zhang and D. f. Che[4] tahun 2010, tujuan dari penelitiannya yaitu permodelan terpadu tiga dimensi dari permukaan dan bawah permukaan tambang batubara, metode/ teknik atau pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan model GTP(*generalized tri-prism*), hasil yang didapat pada penelitian

ini adalah hasil memperlihatkan bahwa model GTP lebih tepat digunakan untuk representasi permukaan geologi dibanding dengan model B-Reps dan Multi-DEM. Model data permukaan dan model data di bawah permukaan dapat dibuat secara mulus. Pengembangan perangkat lunak GEOMS3D dikembangkan dalam penelitian ini. Hasil dari penelitian ini bisa dilihat pada gambar 2.3.



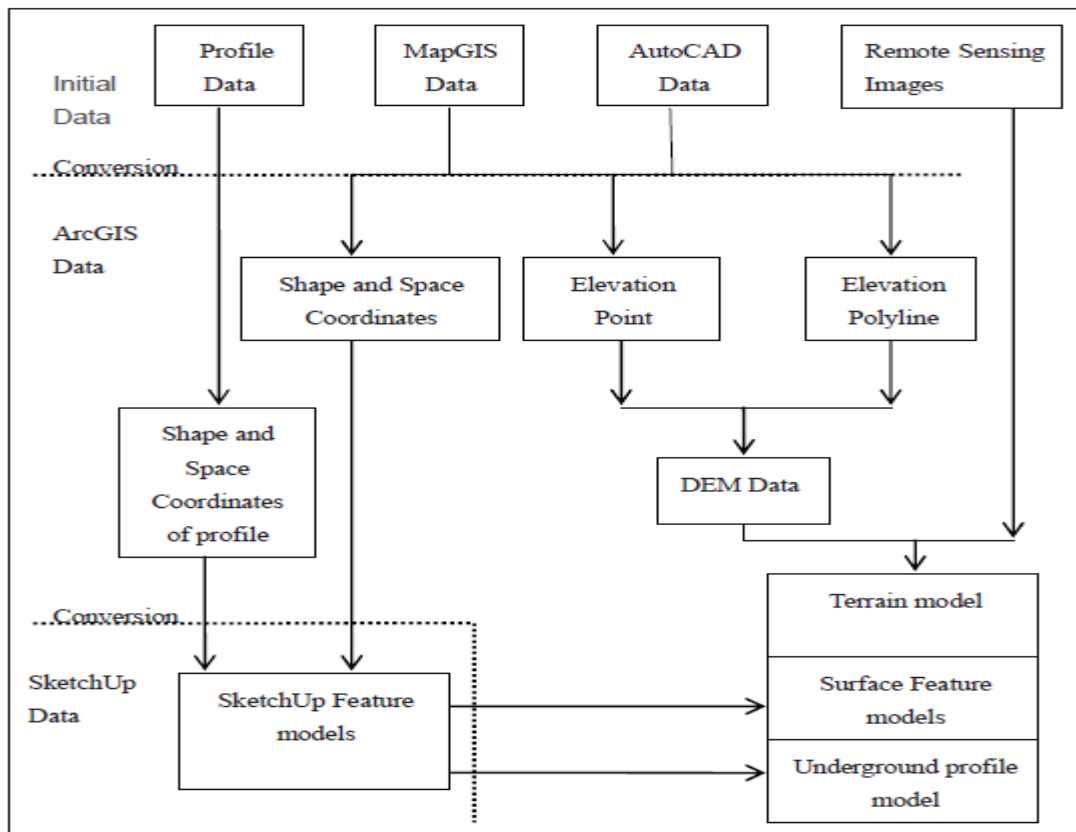
Gambar 2.3 *Experimental results*

5. Wu-nian Yang, Min Zhang, Feng Liang and Xiaoxia Yang,[8], tahun 2010, peneliti bertujuan untuk memprediksi deformasi dan model visualisasi 3D untuk massa batuan daerah penambangan bawah tanah dengan tingkat air yang tinggi. Metode atau pendekatan yang digunakan yaitu dengan mengusulkan “*superimposed model*” yang baru dan dibuat oleh “*3D-stratum*” dan “*declining subsidence model*”, Hasil dari penelitian ini yaitu berupa kumpulan data deformasi yang diatur dalam kordinat file informasi yang di program, perangkat lunak permodelan 3D yang dibangun menghasilkan “*Superimposed model*” dan “*water accumulation in basin*”. Tes aplikasi untuk model yang dihasilkan bisa dilihat pada gambar 2.4

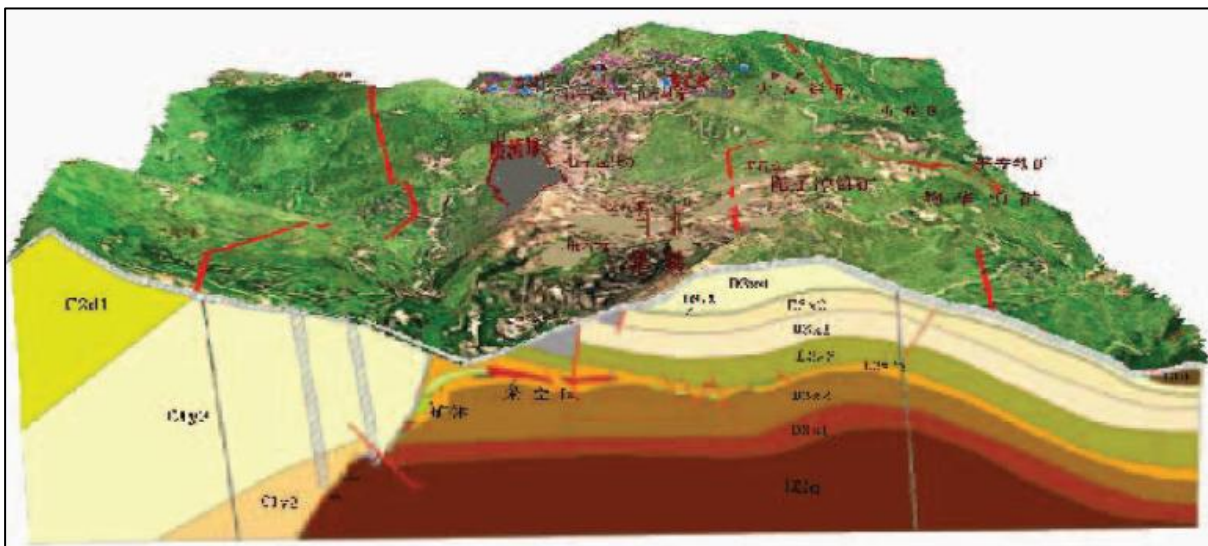


Gambar 2.4. Application test for model

6. Ji-qiu Deng, Jun Li, Zhong-hao Zuo and Yang Xie[6] tahun 2011, penelitiannya bertujuan untuk membangun permodelan 3D karakteristik lingkungan geologi tambang di daerah Xikuangshan dengan menggunakan perangkat lunak ArcScene. Metode atau teknik yang dilakukan yaitu menggunakan teknologi 3D GIS dengan data grid DEM (Digital Elevation Model) untuk lebih jelas nya bisa dilihat pada gambar 2.5. Hasil yang didapat dalam penelitian ini adalah lebih intuitif dan lebih baik mengekspresikan realitas lingkungan geologi tambang dan dapat membantu pengambilan keputusan dengan menggunakan hasil penyelidikan geologi tambang yang ada, hasil eksperimen yang didapat berupa visual model *terrain* terpadu, model fitur permukaan dan model *underground*, salah satu hasil bisa dilihat pada gambar 2.6 berupa Lingkungan Geologi Tambang 3D.



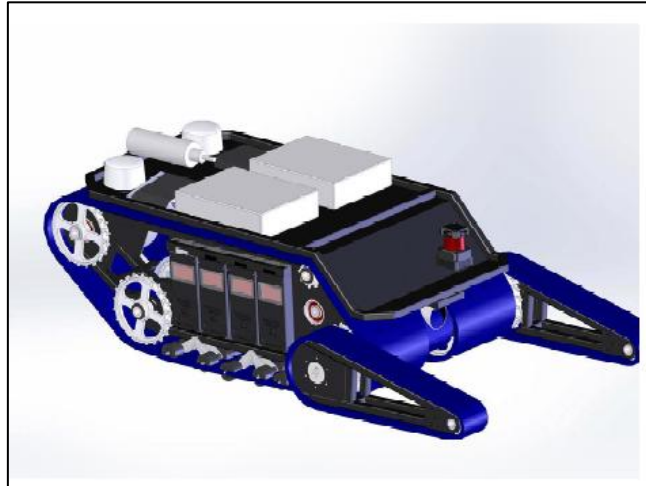
Gambar 2.5 The techniques routes and methods of building 3D model



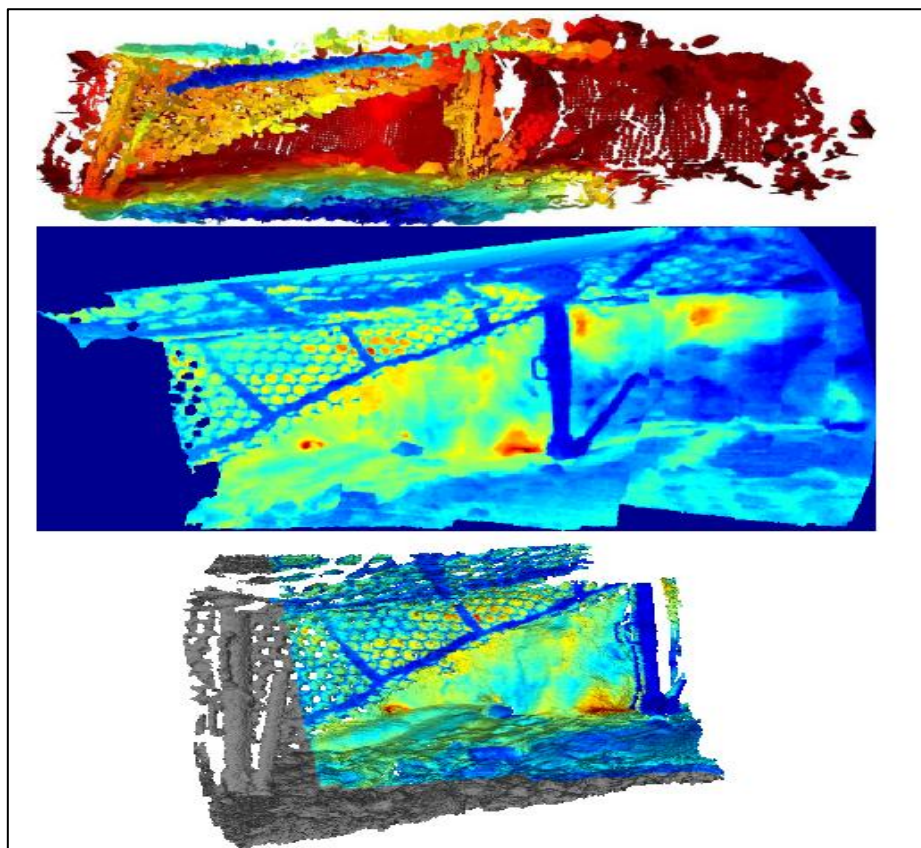
Gambar 2.6 3D Mine Geological Environment

7. J. Green[9] tahun 2012, Tujuan penelitiannya adalah untuk menyajikan penelitian robotika pertambangan CSIR kepada audiens untuk pencarian dan penyelamatan, sehingga identifikasi teknologi yang signifikan dimungkinkan, dan peluang kolaborasi diidentifikasi metode atau teknik penelitian menggunakan pemindai cahaya terstruktur 3D dan Kamera gelombang Inframerah FLIR. Hasil penelitiannya adalah peta termal

3D , data kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi *cooler regions* yang tidak sesuai dengan topografi *hanging-wall*. informasi tersebut ditujukan kepada para penambang di lingkungan visualisasi 3D sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan, dan semua penambang mengetahui area yang berpotensi berbahaya di wilayah kerja. Hasil penelitian bisa dilihat pada gambar 2.7 dan 2.8.

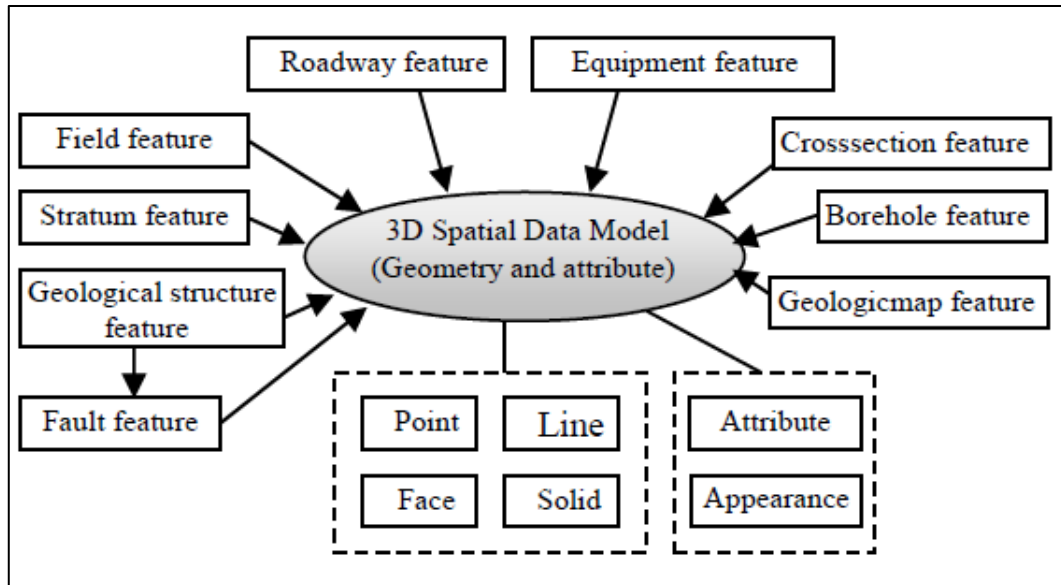


Gambar 2.7 *Prototype Mine Safety Robot Design.*

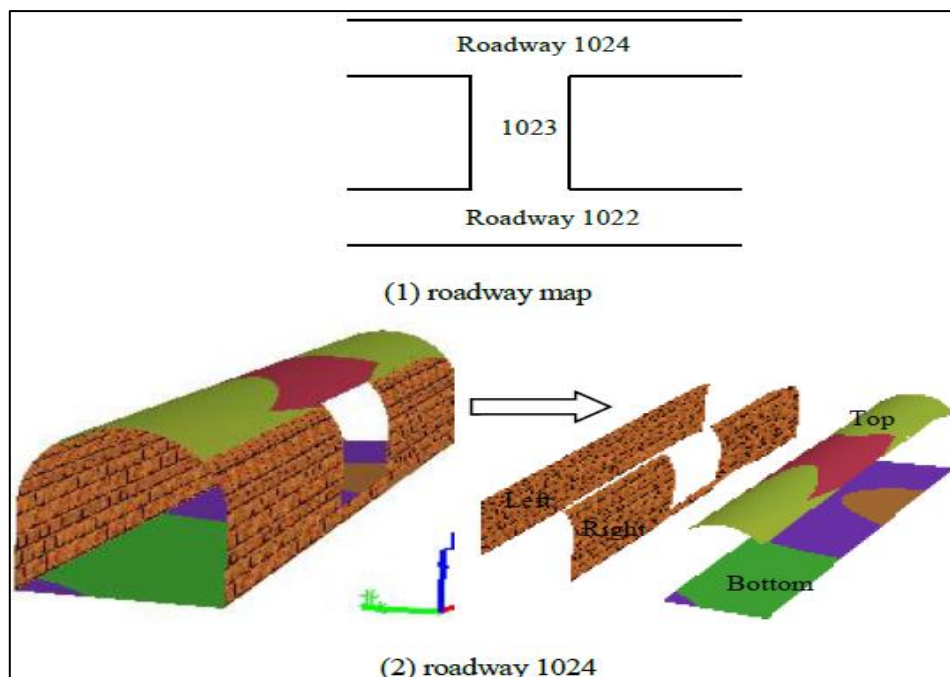


Gambar 2.8 *Visualization techniques of Bafokeng Rasimone Platinum Mine platinum mine data set. Surfels (top), 2d planar projection (middle), 3-D model snapshot (bottom).*

8. Z. Wang, W. Gao, H. Qu and Z. Wu[10] tahun 2013, penelitiannya bertujuan untuk menyajikan model data spasial untuk mengintegrasikan dalam konsep fitur *subsurface* dan *thematic semantics* untuk objek tingkat atas di tambang batu bara. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan UML dan XML berdasarkan aplikasi GML(Geography Markup Language). Hasil penelitiannya yaitu Model data spasial untuk integrasi fitur bawah permukaan ke dalam konsep yang ada berdasarkan GML untuk mentransfer geo-informasi di tambang batu bara. *spatial data model* bisa dilihat pada gambar 2.9 dan contoh hasil *Roadway feature* bisa dilihat pada gambar 2.10

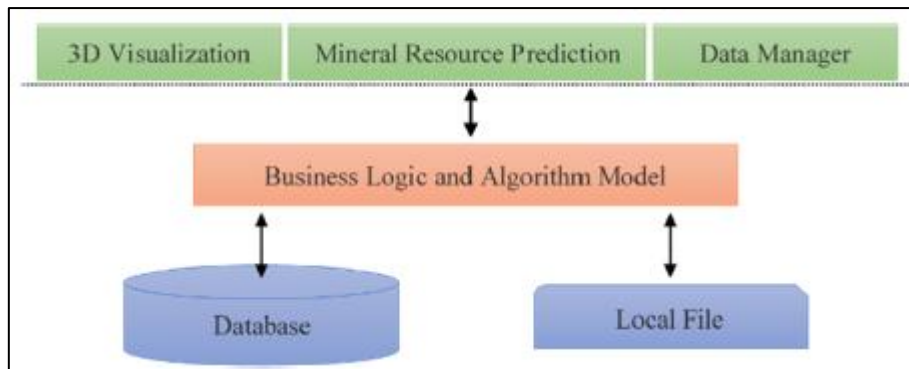


Gambar 2.9 First level of the hierarchy in thematic semantic models

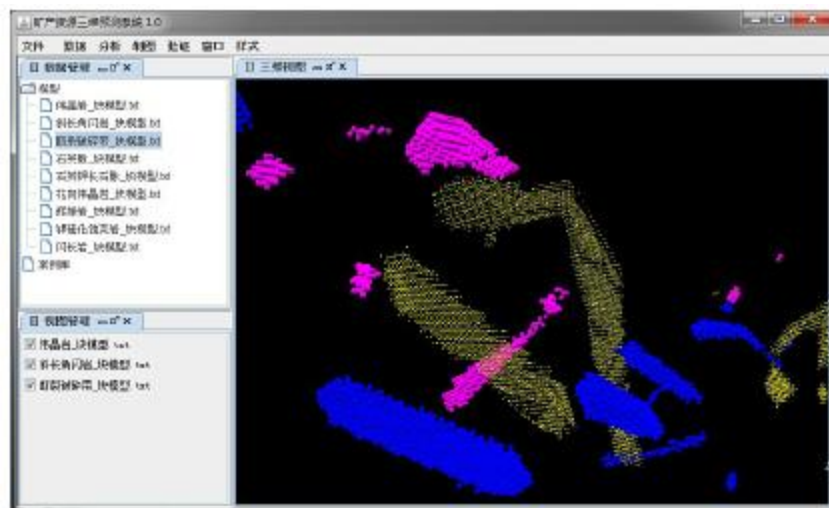


Gambar 2.10 Subdivision of roadway features

9. S. Qiu, B. He, X. Bai, X. Li, Z. Liao and C. Yin,[11] tahun 2015, tujuan penelitiannya yaitu untuk mengembangkan sistem prototipe untuk menganalisis secara kualitatif dan kuantitatif sumber daya mineral bawah tanah pada skala lokal, berdasarkan metode penambangan data spasial dan GIS tiga dimensi. Metode pendekatan didasarkan pada model geologi 3D yang dibuat oleh perangkat lunak pemodelan geologi tiga dimensi serta menggunakan weights-of-evidence (WofE) model dan Case-based reasoning (CBR). Hasil yang di dapat pada penelitian ini adalah framework sistem prototipe untuk prediksi sumber daya mineral 3D, yang mempromosikan integrasi data geologi, visualisasi 3D dan model prediksi. Sistem arsitektur perangkat lunak bisa dilihat pada gambar 2.11 dan Alat visualisasi dirancang untuk memvisualisasikan data berdasarkan konteks kumpulan data geologi bisa dilihat pada gambar 2.12.



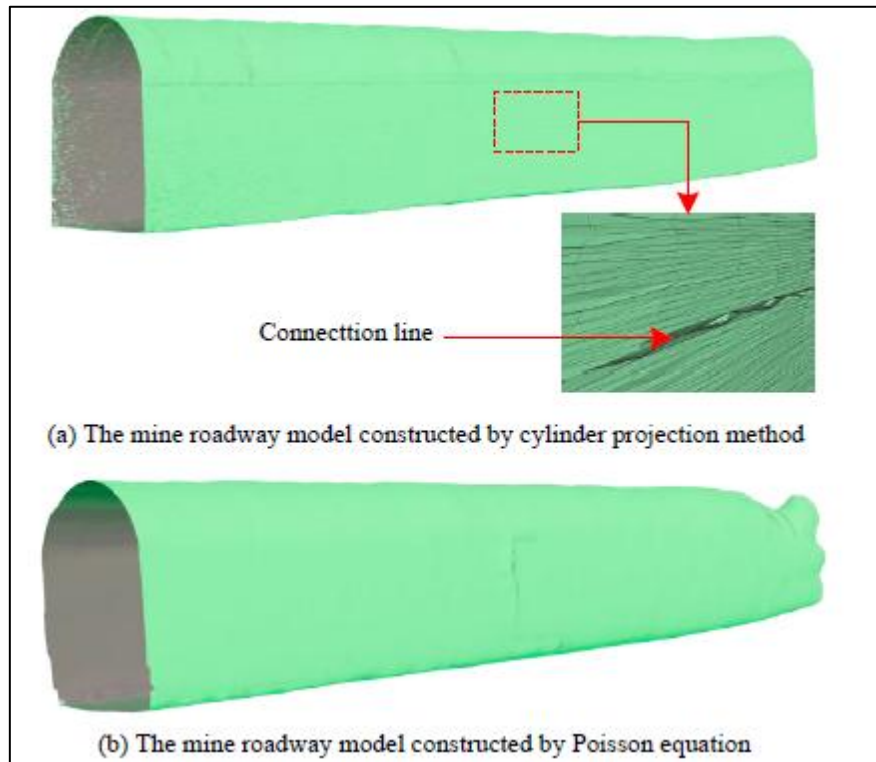
Gambar 2.11 *the system architecture*



Gambar 2.12 *Display geological data by 3D visualization mode.*

10. J. Guo, J. Jiang, L. Wu, W. Zhou and L. Wei[12] tahun 2016. Tujuan penelitiannya yaitu permodelan rekonstruksi permukaan jalan tambang berdasarkan titik point laser

scanning. metode atau teknik yang digunakan yaitu dengan metode proyeksi silinder dan metode rekonstruksi *Poisson*. Hasil dari penelitian ini adalah menunjukkan bahwa model jalan yang dibuat dengan metode persamaan *Poisson* lebih halus daripada metode proyeksi silinder. Namun, waktu pemodelan metode persamaan *Poisson* jauh lebih besar daripada metode proyeksi silinder. Kedua metode ini juga dapat diterapkan lebih lanjut pada teknik terowongan yang serupa, seperti terowongan kereta bawah tanah, dll. Hasil bisa dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 *Mine roadway model result of cylinder projection method(a) and Poisson equation method (b)*

11. Z. Du, L. Ge, A. H. M. Ng and X. Li[13], tahun 2016. Tujuan dari penelitiannya yaitu pemantauan penurunan tanah di bagian selatan Sydney, Australia, dengan menggunakan data dari satelit ALOS-1 dan ENVISAT. Metode atau teknik yang digunakan dengan menggunakan Metode TS-InSAR yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada GEOS-ATSA. Hasil penelitian adalah : 1) titik referensi untuk TS-InSAR dipilih di wilayah yang relatif stabil dan tidak ada pengukuran GPS untuk memverifikasi keakuratannya. 2) Cakupan temporal produk ALOS-1 PALSAR dan ENVISAT ASAR tidaklah ideal. 3) Tingkat deformasi maksimum dapat dideteksi berbeda untuk satelit L-band dan C-band , bahwa L-band dapat berkinerja lebih baik



terutama di daerah penambangan bawah tanah dimana tingkat deformasi jauh lebih tinggi daripada daerah kota.

III. Kesimpulan

Dalam beberapa dekade ini teknologi 3D banyak digunakan sekali, dalam artikel ini penulis membahas implementasi 3D di industri tambang. Banyak penelitian-penelitian yang sangat berguna sekali untuk kemajuan industri pertambangan, ke akuratan data geologi pertambangan bisa ditingkatkan dengan banyaknya metode-metode yang digunakan. Pada prosesnya penelitian [1][2][3][4][8][9][10] di implementasikan di tambang bawah tanah yang banyak membahas kondisi permukaan tambang dengan visualisasi 3D (tiga dimensi). Beberapa peneliti membangun aplikasi sendiri untuk implementasi eksperimen penelitiannya yang berhubungan dengan lingkungan geologi pertambangan [1][2][4][8][9][11][12] dengan penggunaan bahasa pemrograman berbeda-beda. Menurut penulis yang paling menarik yaitu penelitian dengan mengembangkan robot [9] untuk keselamatan pekerja tambang, karena hal tersebut sangat penting digunakan di dunia pertambangan dengan menggunakan teknologi 3D.

Artikel ini mengedepankan teknologi yang akan dipakai kedepan dalam bidang permodelan 3D namun kenyataannya masih banyak kendala-kendala yang harus dilakukan yaitu faktor lingkungan dan daerah penelitian, karena setiap daerah sangat berbeda-beda kondisi geologinya. Peningkatan pengolahan data dan teknik visualisasi yang lebih baik bila dikombinasikan dengan informasi status alat [1]. Selain itu beberapa algoritma banyak digunakan dalam penelitian-penelitian [2] yang mana memberikan ide lebih lanjut pada permodelan geologi. Permodelan 3D yang lebih kompleks seperti *multiple faults cutting bifurcation* [4] dan optimalisasi hubungan topologi antara entitas geologi yang berbeda serta peningkatan efisiensi penyelidikan di geosains 3D cukup menarik. Konsep ExternGeometry [10] diberikan untuk representasi implisit lebih jauh. Pengukuran menggunakan GPS ditempat penambangan bawah tanah [13] serta penggunaan data satelit yang dapat merekonstruksi gerakan tiga dimensi. Dari uraian para peneliti tersebut banyak tantangan yang bisa kita lakukan di masa depan khususnya di tambang bawah tanah.



Daftar Pustaka

- [1].G. Brooker, E. Widzyk-Capehart, S. Scheduling, R. Hennessy and C. Lobsey, "Millimetre wave radar visualisation in mines," 2007 European Radar Conference, Munich, 2007, pp. 417-420.
- [2].Q. Chen, C. M. Zhang, Y. F. Zhang and W. Q. Song, "Pattern Recognition by DTW and Series Data Mining in 3D Stratum Modelling and 3D Visualization," 2008 Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, Jinan Shandong, 2008, pp. 650-654.
- [3].X. Yong-hua, F. Yuan-min, Y. Xiang-ying, C. Jie and Z. Xiao-qing, "Error Analysis and Calibration of 3D Laser Scanner in Surveying in Finished Stopes," 2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering, Los Angeles, CA, 2009, pp. 139-143.
- [4].R. x. Zhang, P. t. Zhang and D. f. Che, "Research on 3D integral modeling and its application for coal mine," 2010 Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing, Qingdao, 2010, pp. 426-429.
- [5].3D Modeling, https://en.m.wikipedia.org/wiki/3D_modeling , diakses tanggal 27 juli 2017
- [6].Ji-qiu Deng, Jun Li, Zhong-hao Zuo and Yang Xie, "Study on ArcScene-based 3D-Visualization technology in mine geological environment," 2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, Nanjing, 2011, pp. 3508-3511.
- [7].Morgan Kaufmann, 3D Modeling & Surfacing, Published by Morgan Kaufmann (1999), ISBN 10: 0122604903 ISBN 13: 9780122604904
- [8].Wu-nian Yang, Min Zhang, Feng Liang and Xiaoxia Yang, "Deformation prediction and 3D visualization model for rock mass of high underground water mining area," 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering(ICACTE), Chengdu, 2010, pp. V1-412-V1-416.
- [9].J. Green, "Underground mining robot: A CSIR project," 2012 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), College Station, TX, 2012, pp. 1-6.
- [10]. Z. Wang, W. Gao, H. Qu and Z. Wu, "GML-based 3D spatial data model for geoscience information in coal mines," 2013 21st International Conference on Geoinformatics, Kaifeng, 2013, pp. 1-4.



- [11]. S. Qiu, B. He, X. Bai, X. Li, Z. Liao and C. Yin, "A mineral resources quantitative assessment and 3D visualization system," 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Milan, 2015, pp. 4554-4557.
- [12]. J. Guo, J. Jiang, L. Wu, W. Zhou and L. Wei, "3D modeling for mine roadway from laser scanning point cloud," 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Beijing, 2016, pp. 4452-4455.
- [13]. Z. Du, L. Ge, A. H. M. Ng and X. Li, "Three dimensional subsidence monitoring in the south of Sydney," 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Beijing, 2016, pp. 1186-1189.